

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Pulp*

Pulp adalah hasil pemisahan serat dari bahan baku berserat. *Pulp* dapat dibuat dari bahan kayu, non kayu dan kertas bekas. *Pulp* adalah bahan berupa serat berwarna putih yang diperoleh melalui proses penyisihan lignin dari biomassa (delignifikasi). *Pulp* digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan kertas dan dapat juga dikonversi menjadi senyawa turunan selulosa termasuk selulosa asetat. Penyisihan lignin dari biomassa dapat dilakukan dengan berbagai proses yaitu mekanik, semikimia dan kimia.

Dalam Kurniawan dkk. (2013) dan Casey (1960) menyatakan bahwa *pulp* merupakan hasil pemisahan serat kayu atau bahkan berserat lain yang mengandung lignoselulosa. Pembuatan *pulp* didefinisikan sebagai proses mengubah bahan baku berselulosa menjadi berserat. *Pulp* atau yang disebut dengan bubur kertas merupakan bahan pembuatan kertas. Kertas adalah bahan yang tipis dan rata, yang dihasilkan dengan kompresi serat yang berasal dari *pulp*, yang mengandung selulosa dan hemiselulosa.

Syarat-syarat bahan baku yang digunakan dalam *pulp*, yakni:

- a. Berserat
- b. Kadar *alpha* selulosa lebih dari 40%
- c. Kadar lignin kurang dari 25%
- d. Kadar air maksimal 10%
- e. Memiliki kadar abu yang kecil.

(Harsini dan Susilowati, 2010).

Selulosa dari bahan kayu atau pun dari bahan non-kayu masih tetap tercampur dengan bahan lainnya seperti lignin, untuk mengetahui standar zat yang harus terkandung di dalam *pulp* agar dapat memperoleh *pulp* yang memiliki kualitas tinggi dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1. Standar Kualitas *Pulp*

Komponen	Kadar (%)
Selulosa	Min 40
Lignin	Maks 16
<i>Ash</i>	Maks 3
Air	Maks 7

Sumber: Balai Besar *Pulp*, 1989 (sesuai dengan SNI 7274)

2.2 Proses Pembuatan *Pulp*

Pada proses pembuatan *pulp* bertujuan untuk melepaskan serat-serat. Serat ini harus dikecilkan ukurannya terlebih dahulu. Tujuan pengecilan ukuran bahan pembuatan *pulp* adalah:

- Mempermudah ekstraksi unsur tertentu dan struktur komposisi.
- Penyesuaian dengan kebutuhan spesifikasi produk atau mendapatkan bentuk tertentu.
- Untuk menambah luas permukaan padatan.
- Mempermudah pencampuran bahan secara merata.

(Listiarsi, 2003)

Proses pembuatan *pulp* pada dasarnya adalah proses pemisahan serat dari bahan baku yang mengandung serat dengan cara mekanis, kimia atau gabungan dari keduanya. Dalam proses kimia, bahan baku dimasak dalam bejana pemasak (digester) dan ditambahkan dengan bahan kimia untuk melarutkan komponen dalam bahan baku yang tidak diinginkan sehingga diperoleh *pulp* dengan kandungan selulosa yang tinggi. Tujuan utama dari pembuatan *pulp* adalah memisahkan selulosa (serat-serat) dari bahan-bahan lainnya. *Pulp* secara kimia bertujuan memisahkan serat selulosa dari bahan baku melalui delignifikasi (penghilang lignin) tanpa terdegradasi karbohidrat. Proses delignifikasi dilakukan untuk melarutkan lignin dan sebagian hemiselulosa dengan merendam bahan lignoselulosa dalam larutan. Ada beberapa metode untuk pembuatan *pulp* yang merupakan proses pemisahan selulosa dari senyawa pengikatnya, terutama lignin yaitu secara mekanis, semikimia dan kimia.

Pada proses secara kimia ada beberapa cara tergantung dari larutan pemasak yang digunakan, yaitu proses sulfit, proses sulfat, proses *kraft* dan lain-lain.

2.2.1 Proses *Pulp* Mekanik

Proses *pulp* mekanik dikembangkan oleh E.G. Kellen (Jerman). Pada proses ini, kayu dihancurkan menjadi lumpur di dalam *rotary grind mill stone* dengan menambahkan air, kemudian ditarik-tarik sambil berjalan di dalam *rotary scrubber* sehingga secara fisik serat rusak. Hal ini menyebabkan *pulp* yang dihasilkan dari proses ini mempunyai kekuatan yang rendah (mudah sobek). Pada tahun 1970-an, *grind stone* dimodifikasi sehingga dapat berputar dengan kecepatan dan tekanan tinggi serta tidak merusak serat, sehingga *pulp* yang dihasilkan mempunyai kekuatan yang lebih baik.

2.2.2 Proses *Pulp* Thermomekanik

Proses *pulp thermomekanik* merupakan perbaikan dari proses mekanik dimana sebelum dilakukan penggilingan kayu terlebih dahulu dimasak/dikukus pada temperatur dan tekanan tinggi. *Pulp* yang dihasilkan telah mempunyai kekuatan yang lebih baik tapi membutuhkan energi yang lebih banyak.

2.2.3 Proses *Pulp* Semikimia

Proses *pulp* semikimia merupakan perbaikan dari proses sebelumnya dimana setelah dihancurkan dengan penggiling, potongan-potongan serat proses pada tahap impregnasi (penyerapan) dengan larutan encer (sulfit, natrium sulfat, soda abu) terlebih dahulu kemudian *pulp* yang dihasilkan disaring. Salah satu proses semikimia yang dipakai adalah memasak serpihan/potongan kayu dengan larutan natrium sulfat, bisulfit, sebelum didefibrasi secara mekanik di dalam penggiling.

2.2.4 Proses *Pulp* Kimia

Pada proses ini lignin dihilangkan sama sekali sehingga serat-serat kayu mudah dihilangkan oleh larutan pemasak. Proses ini dibagi menjadi tiga tahap, yaitu :

1. Proses soda

Proses soda dikenalkan oleh C. Watt dan H. Burges pada tahun 1850. Pada proses ini sistem pemasakan menggunakan senyawa alkali yaitu natrium hidroksida (NaOH) sebagai larutan pemasak di kolom bertekanan, dengan perbandingan 4 : 1 dari jumlah kayu yang digunakan. Kemudian larutan pemasak bekas dipekatkan dengan proses penguapan (evaporasi).

2. Proses sulfit

Proses sulfit ditemukan oleh Benyamin Tilghman pada tahun 1866, dimana pembuatan *pulp* dilakukan di dalam kolom bertekanan menggunakan larutan kalsium sulfat dan belerang dioksida. Pada tahun 1950-an, penggunaan kalsium diganti dengan magnesium atau natrium dan ammonium sulfat yang lebih banyak keuntungannya.

3. Proses sulfat

Proses sulfat ini disebut juga proses *pulp kraft*. Pada proses ini digunakan larutan NaOH ditambah bubuk Na_2SO_4 yang ditambahkan direduksi di dalam tungku pemutih menjadi Na_2S , yang diperlukan untuk delignifikasi. Pada proses ini juga digunakan bahan penggumpal seperti klorida sehingga *pulp kraft* mempunyai derajat putih yang berkualitas.

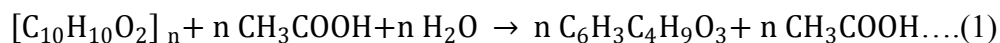
4. Proses *Organosolv*

Proses *organosolv* merupakan proses *pulping* yang menggunakan bahan yang lebih mudah didegradasi seperti pelarut organik. Pada proses ini, penguraian lignin terutama disebabkan oleh pemutusan ikatan eter. Beberapa senyawa organik yang dapat digunakan antara lain adalah asam asetat, etanol dan metanol. Proses *organosolv* tidak menggunakan unsur sulfur sehingga lebih aman terhadap lingkungan dan daur ulang lindi hitam dapat dilakukan dengan mudah. Beberapa proses *organosolv* yang berkembang pesat pada saat ini, yaitu:

- a. Proses *Acetocell* yaitu proses yang menggunakan bahan kimia pemasak berupa asam asetat.
- b. Proses *Alcell (alcohol cellulose)* yaitu proses pembuatan *pulp* dengan bahan baku kimia pemasak yang berupa campuran alkohol dan NaOH.

5. Proses Asetosolv

Proses pemisahan serat dengan menggunakan asam asetat sebagai pelarut *organic* seperti asam asetat disebut asetosolv. Kekuatan tarik *pulp* asetosolv setara dengan kekuatan tarik *pulp kraft*. Proses asetosolv dalam pengolahan *pulp* memiliki beberapa keunggulan antara lain bebas senyawa sulfur, daur ulang limbah dapat dilakukan dengan metode penguapan dengan tingkat kemurnian cukup tinggi, yaitu dengan destilasi saja daur ulang pemakaian asam asetat sebagai bahan pemasaknya, dan nilai hasil daur ulangnya lebih mahal dibanding dengan hasil daur ulang limbah *kraft*. Keuntungan lain dari asetosolv adalah bahwa bahan pemasak yang digunakan dapat diambil kembali tanpa adanya proses pembakaran bahan bekas pemasak. Tidak seperti proses pemasakan *pulp* dengan metode *kraft*, yang limbah larutan pemasaknya atau *black liquor* harus dimasukkan ke dalam *furnace* yang panas, dan bertekanan tinggi untuk mendapatkan sisa larutan pemasak yang mengandung senyawa sulfur dalam bentuk abu, yang kemudian abu ini harus dicampur dengan *lime* atau CaO untuk menghilangkan bahan kimia asal seperti NaOH, Na₂S, dan Na₂CO₃ membentuk *green liquor*. Proses asetoslv lebih menguntungkan karena tidak perlu menggunakan dapur untuk pembakaran daur ulang *black liquor*, karena hanya dengan pemisahan secara destilasi saja sudah bias, tidak terlalu memakan biaya untuk bahan bakar pada pembakaran di dapur. Degradasi dari lignin menyebabkan alfa selulosa yang sebelumnya terikat oleh lignin akan terlepas dari lignin sehingga didapatkan kandungan *pulp* dengan kadar alfa selulosa yang lebih tinggi. Mekanisme reaksi pemasakan serta degradasi lignin dapat dilihat pada persamaan reaksi 1.



Lignin Asam asetat Air Aseto ligninat Asam asetat

Dari penjelasan sebelumnya, pada Tabel 2 akan menampilkan secara singkat dari setiap proses pembuatan *pulp* yaitu proses mekanis, semikimia dan kimia untuk mempermudah mengetahui perbandingan dari masing-masing proses pembuatan *pulp* tersebut.

Tabel 2. Perbandingan Proses Pembuatan *Pulp*

Mekanis	Semikimia	Kimia
<i>Pulping</i> dengan energi mekanis (sedikit tanpa perlakuan awal dengan bahan kimia atau panas)	<i>Pulping</i> dengan perlakuan kombinasi kimia dengan mekanik	<i>Pulping</i> dengan bahan kimia (sedikit atau tidak ada energi mekanik)
Rendemen tinggi (90% - 95%)	Rendemen sedang (55% - 90%)	Rendemen rendah (40% - 55%)
Serat pendek, tidak utuh, tidak murni, dan tidak stabil	Sifat <i>pulp</i> sedang (<i>intermediate</i>)	Serat <i>pulp</i> utuh, panjang, kuat dan stabil
Kualitas cetak baik, tapi sulit diputihkan		Kualitas cetak kurang baik tapi mudah diputihkan

Sumber: Kurniawan dkk., 2013

2.2.5 Proses Kombinasi

Proses kombinasi pada prinsipnya adalah kombinasi dari cara mekanis dan kimia. Umumnya cara ini dilakukan dengan merendam bahan baku dengan bahan kimia, kemudian mengolahnya secara mekanis, yaitu memisahkan serat-serat sehingga menjadi *pulp*. Warna *pulp* yang dihasilkan lebih pucat. Ada dua macam proses pembuatan *pulp* secara semi kimia, yaitu Proses Sulfit Netral dan Proses Soda Dingin.

1. Proses Sulfit Netral

Proses sulfit netral pada dasarnya ditandai dengan tahapan penggilingan secara mekanik. Proses semi kimia yang paling penting adalah Proses *Natural Sulfite Semi Chemical* (NSSC), yang telah digunakan secara luas di Amerika Serikat sejak 1926. Dalam 20 tahun terakhir proses NSSC juga telah digunakan di Eropa dan di banyak negara lain di seluruh dunia. Proses ini memanfaatkan cairan pemasak Sodium Sulfit dengan penambahan Sodium Karbonat untuk menetralkan asam-asam organik yang dilepas dari kayu selama pemasakan.

2. Proses Soda Dingin

Proses soda dingin digunakan untuk kayu keras yang berkerapatan tinggi. Langkah yang paling penting dalam pembuatan *pulp* soda dingin adalah impregnasi dengan lindi alkalis (NaOH) pada temperatur 20-30°C, hingga terjadi penetrasi yang cepat tapi menyeluruh pada serpih-serpih kayu. Proses ini dilakukan dengan konsentrasi NaOH rendah, yaitu 0,25-2,5% dan dengan waktu antara 15-120 menit, kemudian dilakukan tahap penggilingan pada serpih-serpih. Pada tahun 1960-an, produk *kraft* lebih banyak dipakai dibanding *pulp* sulfit, karena telah memiliki sifat-sifat *pulp* yang lebih baik dan bahan kimia yang lebih sederhana. Meskipun saat ini lebih dari 80% *pulp* kimia, yang dihasilkan adalah *pulp kraft*, tetapi kelemahan-kelemahan proses ini masih susah untuk diatasi, misalnya : bau dari gas.

2.2.6 Pemasakan Proses *Kraft*

Pemilihan proses pemasakan ini tergantung pada hasil *pulp* yang diinginkan. Proses ini bertujuan untuk memisahkan serat-serat dalam kayu secara kimia dan melarutkan sebanyak mungkin lignin pada dinding serat. Selain itu, pemilihan proses *kraft* mempunyai banyak keuntungan bila dibandingkan dengan proses lain.

Keuntungannya antara lain :

- a. Dapat digunakan untuk berbagai jenis kayu
- b. Dapat meningkatkan kekuatan *pulp*
- c. Waktu pemasakan cukup pendek
- d. *Pulp* yang dihasilkan dapat diputihkan dengan tingkat keputihan (*brightness*) yang lebih tinggi.

Lignin lebih mudah larut dalam proses sulfat (*kraft*), karena adanya ion-ion hidroksil dan hidrogen sulfida. Ion hidrogen sulfida sangat membantu delignifikasi karena nukleofilisitas mereka yang berat jika dibandingkan dengan ion-ion hidroksil dan hidrogen sulfida, juga akan menghasilkan kenaikan hidrofilitas lignin karena

pelepasan gugus-gugus hidroksi fenol. Lignin yang terdegradasi larut dalam lindi pemasakan sebagai natrium fenolat.

2.3 Bahan Baku *Pulp*

Secara garis besar, bahan baku *pulp* dikelompokkan menjadi dua, yaitu: nonkayu dan kayu (Dirjen Industri Agro dan Kimia, 2009). Komposisi kimia yang terkandung dalam bahan baku *pulp* baik dari bahan baku kayu yang terdiri dari kayu daun jarum dan kayu daun lebar maupun *pulp* dari bahan non kayu disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi Kimia Bahan Baku *Pulp*

Komposisi Kimia	Bahan Baku Kayu			Bahan Baku Non- Kayu
	Kayu Jarum	Daun	Kayu Daun Lebar	
Selulosa (rantai panjang tidak bercabang)	42 ± 2 %		45 ± 2 %	36 ± 2 %
Hemiselulosa (pendek bercabang)	27 ± 2 %		30 ± 5 %	38 ± 2 %
Lignin	28 ± 3 %		20 ± 4 %	12 ± 4 %
Zat ekstraktif	5 ± 3 %		3 ± 2 %	

sumber : Setiawam, 2010

Dari Tabel 3 di atas dapat dilihat *pulp* dari bahan baku kayu banyak terkandung selulosa dibandingkan dengan bahan bukan kayu tetapi jika dilihat pada kandungan lignin bahan baku bukan kayu lebih baik dibandingkan dengan bahan kayu untuk mendapatkan *pulp* dengan kualitas tinggi.

Sampai sekarang tercatat bahan baku utama untuk industri *pulp* skala besar adalah kayu bulat. Ada beberapa alasan kayu tetap menjadi pilihan, yaitu:

- Rendemen *pulp* yang dihasilkan tinggi.
- Kandungan lignin rendah.
- Kekuatan *pulp* dan kertas yang dihasilkan tinggi (kondisi *pulping* disesuaikan dengan sifat dan karakteristik kayu).

Menurut uraian Smook (1982) dalam Kurniawan dkk. (2013), secara umum bahan baku untuk pembuatan *pulp* dipisahkan atas dua kelompok :

2.3.1 Tanaman Kayu (*Wood*)

Tanaman kayu adalah sumber bahan baku yang paling banyak digunakan dan tersedia cukup melimpah di alam. Menurut ilmu botani, kayu digolongkan menjadi dua bagian besar, yaitu *gymnospermae* yang biasa disebut kayu daun jarum (*softwood*) dan *angiosprermae* atau kayu daun lebar (*hardwood*).

1. Kayu Daun Jarum (*Softwood*)

Tanaman kayu daun jarum berdaun tidak sempurna karena tidak memiliki tangkai, helai dan urat daun, daunnya berbentuk jarum dan serat yang dihasilkan adalah serat panjang. Contohnya Pinus, Cemara, Aghatis dan lain-lain.

2. Kayu Daun Lebar (*Hardwood*)

Kayu daun lebar biasanya mempunyai ciri-ciri tanaman berdaun sempurna yaitu memiliki tangkai, helai dan urat. Umumnya berdaun lebar dan bentuk daun bulat sampai lonjong. Serat yang dihasilkan adalah serat pendek. Contohnya *Acacia Mangium*, *Eucalyptus sp*, *Albazia sp* dan lain- lain.

2.3.2 Tanaman Bukan Kayu (*Nonwood*)

Jenis tanaman lain yang dapat digunakan untuk bahan baku pembuatan *pulp* adalah tanaman bukan kayu. Tanaman ini banyak jenis dan ragamnya seperti jenis rumput-rumputan, perdu berbatang basah dan tanaman berkayu lunak. Tanaman ini dapat berasal dari hasil pertanian, hasil perkebunan atau limbah industri. Tanaman non kayu ini pada umumnya banyak mengandung sel gabus (*pith*) atau bukan serat. Seratnya dapat berasal dari kulit, batang, dan bahkan biji atau buahnya. Contohnya jerami, ampas tebu, nanas, tandan kosong kelapa sawit dan lain-lain.

2.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Pembuatan *Pulp*

Proses pembuatan *pulp* dipengaruhi oleh kondisi proses antara lain:

- a. Konsentrasi larutan pemasak Dengan konsentrasi larutan pemasak yang makin besar, maka jumlah larutan pemasak yang bereaksi dengan lignin semakin banyak. Akan tetapi, pemakaian larutan pemasak yang berlebihan tidak terlalu baik karena akan menyebabkan selulosa terdegradasi. Asam asetat bisa digunakan sebagai larutan pemasak sampai dengan konsentrasi 100%.
- b. Suhu dengan meningkatnya suhu, maka akan meningkatkan laju delignifikasi (penghilangan lignin). Namun, Jika suhu di atas 160°C menyebabkan terjadinya degradasi selulosa.
- c. Waktu pemasakan dengan semakin lamanya waktu pemasakan akan menyebabkan reaksi hidrolisis lignin makin meningkat. Namun, waktu pemasakan yang terlalu lama akan menyebabkan selulosa terhidrolisis, sehingga hal ini akan menurunkan kualitas *pulp*. Waktu pemasakan yang dilakukan sebelum 1 jam *pulp* belum terbentuk. Untuk waktu pemasakan di atas 5 jam selulosa akan terdegradasi.
- d. Ukuran bahan baku yang berbeda menyebabkan luas kontak antar bahan baku dengan larutan pemasak berbeda. Semakin kecil ukuran bahan baku akan menyebabkan luas kontak antara bahan baku dengan larutan pemasak semakin luas, sehingga reaksi lebih baik.
- e. Kecepatan pengadukan Pengadukan berfungsi untuk memperbesar tumbukan antara zat-zat yang bereaksi sehingga reaksi dapat berlangsung dengan baik.

2.5 Ampas Tebu

Tebu (*saccharum officinarum* L.) termasuk kedalam family rumput-rumputan. Tanaman ini memerlukan udara panas yaitu 24 – 30 °C dengan perbedaan suhu musiman tidak lebih dari 6 °C, perbedaan suhu siang dan malam tidak lebih 10 °C. tanah yang ideal untuk tanaman tebu adalah tanah berhumus dengan pH antara 5,7–7. Batang tebu mengandung serat dan kulit batang (12,5%) dan nira yang terdiri dari air, gula, mineral dan bahan non gula lainnya (87,5%) (Notojoewono, 1981). Klasifikasi tanaman tebu menurut steenis dkk., (2006) adalah sebagai berikut:

Kerajaan : *Plantae*
 Divisi : *Magnoliphyta*

Kelas : *Liliopsida*
Ordo : *Poales*
Famili : *Poaceae*
Genus : *Saccharum*
Spesies : *Saccharum officinarum L*

Ampas tebu merupakan salah satu limbah padat pabrik gula. Ampas tebu jumlahnya berlimpah di Indonesia. Ampas tebu merupakan limbah padat dari pengolahan industri gula tebu yang volumenya mencapai 30-40% dari tebu giling. Saat ini perkebunan tebu rakyat mendominasi luas areal perkebunan tebu di Indonesia. Kelebihan ampas tebu dapat membawa masalah bagi pabrik gula, ampas bersifat *bulky* (meruah) sehingga untuk menyimpannya membutuhkan area yang luas. Serat ampas tebu sebagian besar terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin yang tidak dapat larut dalam air. Ampas tebu termasuk biomassa yang mengandung lignoselulosa sangat dimungkinkan untuk dimanfaatkan menjadi sumber energi alternatif seperti bioetanol atau biogas (Samsuri dkk., 2007). Ampas tebu yang berupa serat dan sisa dari proses pemisahan tebu dari kandungan air dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Ampas Tebu

Ampas tebu merupakan hasil samping dari proses ekstraksi tebu, dengan komposisi : 46-52% air, 43-52% sabut dan 2-6% padatan terlarut. Departemen pertanian melaporkan bahwa produksi tebu nasional saat ini adalah 33 juta ton/tahun (Dirjenbun, 2008). Dengan asumsi bahwa persentase dalam tebu sekitar 30-34%, maka pabrik gula yang ada di Indonesia berpotensi menghasilkan ampas tebu rata-rata sekitar 9,90 – 11,22 juta ton/tahun. Komposisi yang terkandung di dalam ampas tebu ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi Kimia Ampas Tebu

Kandungan	Kadar (%)
Abu	3
Lignin	22
Selulosa	37,75
Sari	1
Pentosan	27
SiO ₂	3

Sumber : Sudaryanto dkk., 2002

Dari hasil analisis serat ampas tebu yang telah dilihat pada Tabel 4. Ampas tebu, atau disebut juga dengan bagas, adalah hasil samping dari proses ekstraksi cairan tebu memiliki kandungan selulosa yang memenuhi syarat pembuatan *pulp* dan juga kandungan lignin yang cukup rendah. Ampas tebu sebagian besar mengandung *ligno-cellulose*. Panjang seratnya antara 1,7-2 mm dengan diameter sekitar 20 µm, sehingga ampas tebu ini dapat memenuhi persyaratan untuk diolah menjadi papan-papan buatan. Serat bagas tidak dapat larut dalam air dan sebagian besar terdiri dari selulosa, pentosan, dan lignin.

2.6 Pelepah Pisang

Pisang adalah tanaman buah berupa herba yang berasal dari kawasan di Asia Tenggara (termasuk Indonesia). Tanaman pisang merupakan tanaman asli daerah Asia Tenggara dengan pusat keanekaragaman utama wilayah Indo-Malaya. Pisang merupakan buah yang berasal dari taksonomi:

Kerajaan	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Monocotyledonae</i>
Ordo	: <i>Zingiberales</i>
Famili	: <i>Musaceae</i>
Genus	: <i>Musa</i>
Spesies	: <i>Musa Paradisiaca</i>

Pelepah pisang banyak dimanfaatkan masyarakat, terutama bagian yang mengandung serat. Setelah dikelupas tiap lembar sering dimanfaatkan sebagai pembungkus untuk bibit tanaman sayuran, dan setelah dikeringkan digunakan untuk tali pada pengolahan tembakau, dan dapat pula digunakan untuk kompos. Pelepah pisang yang mengandung serat ini dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Pelepah pisang

Pisang merupakan tanaman yang berbuah hanya sekali, kemudian mati. Tingginya antara 2-9 meter, berakar serabut dengan batang bawah tanah (bonggol) yang pendek. Dari mata tunas yang ada pada bonggol inilah bisa tumbuh tanaman baru. Produktivitas pisang yang optimum akan dihasilkan pisang yang ditanam pada

keasaman tanah pada pH 4,5-7,5. Suhu harian berkisar antara 25-27 °C dengan curah hujan 2000-3000 mm/tahun (Rizal 2013).

Di dalam gedebong pisang terkandung getah yang menyimpan banyak manfaat, yang salah satunya digunakan di dalam dunia medis. Getah pisang mengandung saponin, antrakuinon, dan kuinon yang dapat berfungsi sebagai antibiotik dan penghilang rasa sakit.

Selain itu, terdapat pula kandungan lektin yang berfungsi untuk menstimulasi pertumbuhan sel kulit. Kandungan-kandungan tersebut dapat membunuh bakteri agar tidak dapat masuk pada bagian tubuh kita yang sedang mengalami luka. Getah pelepah pisang bersifat mendinginkan. Zat tanin pada getah batang pisang bersifat antiseptic.

Aktivitas pertanian dari pisang menghasilkan banyak residu karena setiap pohon hanya menghasilkan satu tandan yang berisi buah-buah pisang (Cordeiro dkk., 2003). Setelah tandan tersebut dipanen, pelepah pisang tersebut dipotong dan biasanya ditinggal dipermukaan tanah. Dari hal tersebut dapat diperkirakan banyaknya limbah pisang yang dihasilkan dalam setiap tahun. Keuntungan lain menggunakan limbah pisang sebagai bahan pembuatan kertas yaitu serat pisang memiliki kandungan lignin yang rendah. Dalam pelepah pisang tersimpan jutaan serat yang tipis seperti benang. Komposisi kimia yang ada pada serat pelepah pisang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Komposisi Kimia Serat Pelepah Pisang

Komponen	Kandungan (%)
Lignin	9
Selulosa	46
Hemiselulosa	38,54
Abu	8,3

Sumber: Venkateshwaran dan elayaperumal, 2010

Serat ini yang dapat diolah menjadi bahan *pulp* dan sebagai bahan baku dasar pembuatan *pulp* karena pelepah pisang ini banyak mengandung selulosa dan juga

memiliki kandungan lignin yang lebih kecil bila dibandingkan dengan kandungan lignin di dalam ampas tebu.

2.7 Kulit Pisang Kepok

Umumnya masyarakat hanya memanfaatkan buah pisang dan membuang kulit pisang begitu saja. Tanaman pisang merupakan salah satu jenis tanaman yang banyak tumbuh di daerah tropis. Kulit pisang kepok ini dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Kulit pisang kapok

Kulit pisang juga bisa untuk makanan ternak, selain itu bisa untuk menghasilkan alkohol yaitu ethanol karena mengandung gula yang mempunyai aroma yang menarik (Munadjim,1988). Karbohidrat atau hidrat arang yang dikandung oleh kulit pisang adalah amilum. Amilum atau pati ialah jenis polisakarida (karbohidrat kompleks).

Dalam industri, pati dipakai sebagai komponen perekat, campuran kertas dan tekstil, serta pada industri kosmetika. Amilum (pati) tidak larut dalam air, berwujud bubuk putih, tawar dan tidak berbau. Pati merupakan bahan utama yang dihasilkan oleh tumbuhan untuk menyimpan kelebihan glukosa dalam jangka panjang. Jumlah senyawa pati dan senyawa lainnya yang terkandung di dalam kulit pisang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Kandungan Senyawa dalam Kulit Pisang

Senyawa	Kandungan (g/100 g berat kering)
Protein	8,6
Lemak	13,1
Pati	12,8
Abu	15,3
Serat total	50,3

Sumber : Emaga dkk., 2007

Kulit pisang mengandung banyak senyawa yang dapat dimanfaatkan. Hasil analisa kimia menunjukkan bahwa komposisi kulit pisang banyak mengandung air yaitu 68,90% dan karbohidrat sebesar 18,50% (Sulffahri, 2008). Selain itu kandungan dalam kulit pisang dapat dilihat pada Tabel 6. Kandungan pati dalam kulit pisang cukup tinggi, yaitu 12,78%. Dalam penelitian ini, pati yang terdapat dalam kulit pisang akan digunakan sebagai *binder*, sehingga mengurangi limbah dan menaikkan nilai ekonomis dari kulit pisang.

2.8 Asam Asetat

Larutan pemasak yang digunakan dalam proses *Acetosolve* dalam penelitian ini yaitu Asam asetat, asam etanoat atau asam cuka adalah senyawa kimia asam organik yang dikenal sebagai pemberi rasa asam dan aroma dalam makanan. Asam cuka memiliki rumus empiris $C_2H_4O_2$. Rumus ini seringkali ditulis dalam bentuk CH_3COOH , CH_3COOH , atau CH_3CO_2H . Asam asetat murni (disebut asam asetat glasial) adalah cairan higroskopis tak berwarna, dan memiliki titik beku $16,7^\circ C$.

Asam asetat merupakan salah satu asam karboksilat paling sederhana, setelah asam format. Larutan asam asetat dalam air merupakan sebuah asam lemah, artinya hanya terdisosiasi sebagian menjadi ion H^+ dan CH_3COO^- . Asam asetat merupakan pereaksi kimia dan bahan baku industri yang penting. Asam asetat digunakan dalam produksi polimer seperti polietilena tereftalat, selulosa asetat, dan polivinil asetat, maupun berbagai macam serat dan kain. Dalam industri makanan, asam asetat digunakan sebagai pengatur keasaman. Di rumah tangga, asam asetat encer juga

sering digunakan sebagai pelunak air. Dalam setahun, kebutuhan dunia akan asam asetat mencapai 6,5 juta ton per tahun. 1.5 juta ton per tahun diperoleh dari hasil daur ulang, sisanya diperoleh dari industri petrokimia maupun dari sumber hayati.

Asam asetat atau asam cuka adalah senyawa kimia asam organik yang dikenal sebagai pemberi rasa asam dan aroma dalam makanan. Asam asetat memiliki rumus empiris CH_3COOH . Sifat fisik dan kimia dari asam asetat adalah sebagai berikut:

1. Sifat fisik (Perry, 1997)

Kadar	: 99.5%
Bentuk	: Cairan tidak berwarna
Berat molekul	: 60 kg/kmol
Titik didih	: $117,87^\circ\text{C}$
Titik lebur	: $16,6^\circ\text{C}$
Densitas (25°C)	: $1,049 \text{ kg/L}$

2. Sifat kimia (Kirk and Othmer, 1952)

a. Reaksi penyabunan

Asam asetat bila direaksikan dengan caustic soda menghasilkan Natrium asetat.

Reaksi :



b. Esterifikasi

Asam asetat bila direaksikan dengan alkohol menghasilkan ester.

Reaksi :

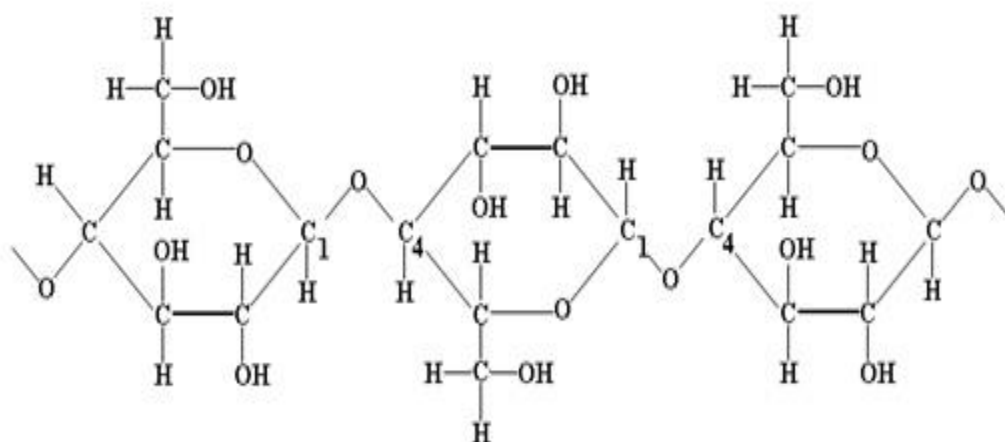


2.9 Kandungan yang Terdapat Pada Bahan Dasar *Pulp*

2.10.1 Selulosa

Selulosa merupakan bagian utama susunan jaringan tanaman berkayu, bahan tersebut terdapat juga pada tumbuhan perdu seperti paku, lumut, ganggang dan jamur.

Penggunaan terbesar selulosa yang berupa serat kayu dalam industri kertas dan produk turunan kertas lainnya. Selulosa merupakan polimer yang ditemukan di dalam dinding sel tumbuhan seperti kayu, dahan, dan daun. Selulosa itulah yang menyebabkan struktur-struktur kayu, dahan, dan daun menjadi kuat. Selulosa merupakan komponen penting dari kayu yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan kertas. Selulosa merupakan polimer dengan rumus kimia polimer gula, $(C_6H_{10}O_5)_n$. Disini, n adalah jumlah pengulangan unit gula atau derajat polimerisasi yang harganya bervariasi bergantung sumber selulosa dan perlakuan yang diterimanya. Kebanyakan serat untuk pembuat *pulp* mempunyai derajat polimerisasi 600-1500. Dikemukakan dalam Antaresti dkk. (2011) selulosa oleh Casey, didefinisikan sebagai karbohidrat yang dalam porsi besar mengandung lapisan dinding sebagai bahan sel tumbuhan. Selain itu, Winarno menyebutkan bahwa selulosa merupakan serat-serat panjang yang bersama *hemiselulosa*, *pectin* dan protein membentuk struktur jaringan yang memperkuat dinding sel tanaman. Rumus molekul dari selulosa dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Rumus Molekul Selulosa

Sumber : sixta, 2006.

Selulosa merupakan unsur yang penting dalam proses pembuatan *pulp*. Semakin banyak selulosa yang terkandung dalam *pulp*, maka semakin baik kualitas

pulp tersebut. Berdasarkan derajat polimerisasi (DP), maka selulosa dapat dibedakan atas tiga jenis yaitu:

1. Selulosa α (*Alpha Cellulose*) adalah selulosa berantai panjang, tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat dengan DP (derajat polimerisasi) berkisar 600-1500. Selulosa α dipakai sebagai penduga dan atau penentu tingkat kemurnian selulosa.
2. Selulosa β (*Betha Cellulose*) adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan DP berkisar 15-90, dapat mengendap bila dinetralkan.
3. Selulosa γ (*Gamma cellulose*) adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan DP kurang daripada 15 (Paskawati, 2010).

Selulosa adalah senyawa yang umumnya tidak berada dalam keadaan murni. Di alam, selulosa berkaitan dengan lignin dan hemiselulosa membentuk bagian-bagian tanaman seperti kayu, batang daun dan sebagainya. selulosa termasuk homopolimer linier dengan monomer berupa D-anhidroglukosa yang saling berkaitan dengan ikatan β -1,4-glikosidik.

Selulosa merupakan senyawa organik yang terdapat paling banyak di alam dan merupakan bagian dari tumbuhan tingkat tinggi. Terdapat beberapa alasan mengapa selulosa baik sebagai serat bahan baku pembuatan tekstil dan kertas, yaitu jumlahnya banyak, memiliki nilai ekonomis yang relative rendah, tingkat ketahanan serat sangat tinggi, memiliki daya ikat air yang tinggi, yang memfasilitasi persiapan mekanis dari serat dan pengikatan serat antara saat campuran dikeringkan, resistan terhadap bahan senyawa kimia, menyebabkan isolasi dan pemurniannya relative tidak terganggu.

Adapun faktor yang membuat selulosa disenangi untuk produksi *pulp* dan kertas adalah:

1. Jumlah berlimpah, dapat melengkapi, mudah dipanen dan bahan yang murah harganya.
2. Zat ini umumnya berbentuk serat dan kekuatan tariknya benar-benar tinggi.

3. Zat ini bisa menarik air sehingga mudah mempersiapkan mekanik dari serat-serat atau ikatan-ikatan serat ketika campuran serat ini dikeringkan.
4. Zat ini tidak dapat larut dalam air dan pelarut-pelarut organik.
5. Tahan terhadap sejumlah bahan kimia yang menyebabkan dapat diisolasi dan dimurnikan dari kayu yang merupakan sumber utama selulosa.

2.10.2 Lignin

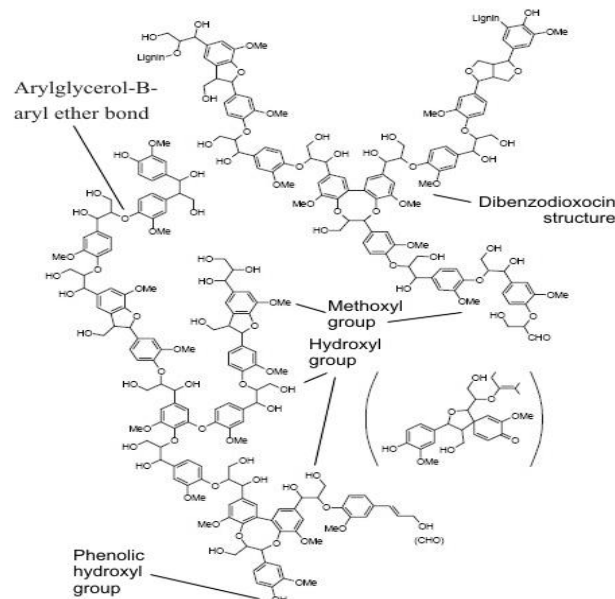
Lignin atau lignen adalah kompleks senyawa kimia yang paling sering berasal dari kayu, dan merupakan bagian integral dari sekunder dinding sel dari tanaman dan beberapa alga. Istilah ini diperkenalkan tahun 1819 oleh de Candolle dan berasal dari bahasa latin kata *Lignum*, yang berarti kayu. Ini adalah salah satu yang paling berlimpah polimer organik di Bumi, melebihi hanya dengan selulosa, menggunakan 30% dari non-fosil karbon organik dan merupakan dari seperempat hingga sepertiga dari berat kering kayu. Lignin merupakan bagian terbesar dari selulosa dan merupakan senyawa aromatik. Penyerapan sinar (warna) oleh *pulp* terutama berkaitan dengan komponen ligninnya. Untuk mencapai derajat keputihan yang tinggi, lignin tersisa harus dihilangkan dari *pulp*, dibebaskan dari gugus yang menyerap sinar kuat sesempurna mungkin. Lignin akan mengikat serat selulosa yang kecil menjadi serat-serat panjang. Lignin tidak akan larut dalam larutan asam tetapi mudah larut dalam alkali encer dan mudah diserang oleh zat-zat oksida lainnya.

Lignin merupakan polimer rantai panjang bercabang yang terdapat bersama-sama dengan selulosa di dalam dinding sel kayu. Lignin berfungsi sebagai penyusun sel kayu. Lignin merupakan komponen kompleks yang tersusun dari unit-unit phenil propane, amorf, bersifat aromatis dengan densitas 1,3 dan indeks bias 1,6. Berat molekulnya 2000 – 15000 yang bervariasi menurut spesiesnya. Kadarnya dalam kayu sekitar 20 – 30 %. Lignin sendiri merupakan zat yang tidak dapat mempunyai struktur yang tetap (amorphouse substance) yang bersama-sama selulosa membentuk dinding sel kayu pada pohon.

Lignin memiliki struktur kimiawi yang bercabang-cabang dan berbentuk polimer tiga dimensi. Molekul dasar lignin adalah fenil propan. Molekul lignin

memiliki derajat polimerisasi tinggi. Oleh karena ukuran dan strukturnya yang tiga dimensi bisa memungkinkan lignin berfungsi sebagai semen atau lem bagi kayu yang dapat mengikat serat dan memberikan kekerasan struktur serat. Bagian tengah lamela pada sel kayu, sebagian besar terdiri dari lignin, berikatan dengan sel-sel lain dan menambah kekuatan struktur kayu. Dinding sel juga mengandung lignin. Pada dinding sel, lignin bersama-sama dengan hemiselulosa membentuk matriks (semen) yang mengikat serat-serat halus selulosa. Lignin di dalam kayu memiliki persentase yang berbeda tergantung dari jenis kayu (Muzzie, 2006).

Lignin adalah zat yang bersama-sama dengan selulosa yang adalah salah satu sel yang terdapat dalam kayu. Lignin berguna dalam kayu seperti lem atau semen yang mengikat sel-sel lain dalam satu kesatuan, sehingga bisa menambah *support* dan kekuatan kayu (*mechanical strength*) agar kokoh dan berdiri tegak. Struktur dari zat lignin dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur Lignin

Sumber : sixta, 2006.

Keberadaan lignin dalam dinding sel sangat erat hubungannya dengan selulosa yang berfungsi untuk memberikan ketegaran pada sel, berpengaruh dalam

memperkecil perubahan dimensi sehubungan dengan perubahan air kayu dan mengurangi degradasi terhadap selulosa. *Pulp* akan mempunyai sifat fisik yang baik apabila kandungan lignin sedikit mungkin karena sifat lignin yang kaku, rapuh, dan hidrofobik. Lignin dapat mengurangi aktifitas selulosa atau hemiselulosa dalam pembentukan ikatan antar serat dan dapat menurunkan derajat putih pada *pulp*. Sebenarnya sifat lignin sendiri tidak berwarna. Namun, pada proses pemasakan lignin bereaksi dengan senyawa kimia lain membentuk ikatan kromofor sehingga menghasilkan warna. Perbedaan antara Lignin dan selulosa dijelaskan pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbedaan Antara Selulosa dan Lignin

Selulosa	Lignin
Tidak mudah larut dalam pelarut <i>organic</i> dan air	Tidak mudah larut dalam air asam mineral kuat
Tidak mudah larut dalam alkil	Larut dalam pelarut <i>organic</i> dan larutan alkil encer
Larut dalam asam pekat	
Terhidrolisis relative lebih cepat pada temperature tinggi	

Sumber: Balai Besar Litbang Industri Selulosa, 2002

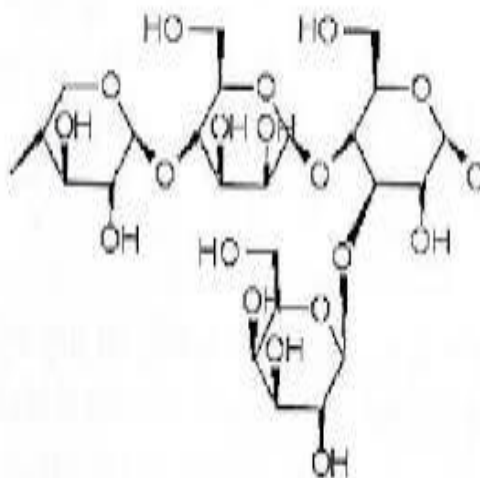
2.10.3 Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan senyawa sejenis polisakarida yang terdapat pada semua jenis serat, mudah larut dalam alkali, dan mudah terhidrolisis oleh asam mineral menjadi gula dan senyawa lain. Hemiselulosa lebih mudah larut jika dibandingkan dengan selulosa, selain itu juga dapat diisolasi dari kayu dengan ekstraksi (www.pustan.bpkimi.kemenperin.go.id, 2009). Hemiselulosa terdapat di dinding sel bersamaan dengan selulosa, terutama di daerah amorf dan juga dalam lamella tengah.

Hemiselulosa mirip dengan selulosa yang merupakan polymer gula. Namun, berbeda dengan selulosa yang hanya tersusun dari glukosa, hemiselulosa tersusun dari bermacam-macam jenis gula. Monomer gula penyusun hemiselulosa terdiri dari monomer gula berkarbon 5 (C-5) dan 6 (C-6), misalnya: xylosa, mannose, glukosa,

arabinosa, dan sejumlah kecil rhamnosa, asam glukoroat, asam metal glukoronat, dan asam galaturonat.

Hemiselulosa tersusun dari gabungan gula-gula sederhana dengan lima atau enam atom karbon. Degradasi hemiselulosa dalam asam lebih tinggi dibandingkan dengan delignifikasi dan hidrolisis dalam suasana basa tidak semudah dalam suasana asam. Hemiselulosa akan mengurani waktu dan tenaga yang diperlukan melunakkan serat selama proses mekanis dalam air. Struktur dari hemiselulosa ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Senyawa Hemiselulosa

Sumber : siwta, 2006.

Rantai hemiselulosa seperti pada gambar 3 ini lebih pendek dari rantai selulosa. Hemiselulosa memiliki DP lebih kecil yaitu 300. Hemiselulosa adalah polimer bercabang, atau tidak linear. Selama pembuatan *pulp*, hemiselulosa bereaksi lebih cepat dibandingkan selulosa.

Ada berbagai jenis hemiselulosa spesies kayu yang berbeda memiliki hemiselulosa dengan komposisi yang berbeda. *Hard wood* lebih banyak memiliki *xylan*, *soft wood* lebih banyak memiliki glukosa. Tipe selulosa juga bervariasi tergantung letak hemiselulosa dan struktur kayu.

Molekul hemiselulosa mudah menyerap air, bersifat plastis dan mempunyai permukaan kontak antar molekul yang lebih luas, sehingga dapat memperbaiki ikatan antar serat pada pembuatan kertas. Oedijono (1991) dalam Daditama (2003) menegaskan bahwa hemiselulosa mempunyai sifat mudah membengkak kalau terkena air karena sifat hidrofil dan keadaan yang membantu proses penggilingan. Oleh karena itu, dalam batas-batas tertentu adanya hemiselulosa justru dikehendaki di dalam *pulp* untuk kertas sehingga pembentuk lembaran yang mudah larut dalam pelarut alkil dan lebih mudah dihidrolisis dengan asam.

Perbedaan hemiselulosa dengan selulosa yaitu hemiselulosa mudah larut dalam alkil tapi sukar larut dalam asam, sedangkan selulosa adalah sebaliknya. Hemiselulosa juga bukan merupakan serat-serat panjang seperti selulosa. Hasil hidrolisis selulosa akan menghasilkan D-glukosa, sedangkan hasil hidrolisis hemiselulosa akan menghasilkan D-xilosa dan monosakarida lainnya.

2.11 Binder

Binder (pengikat) merupakan bahan tambahan yang diperlukan untuk memberikan sifat kohesif terhadap granulsehingga dapat memberikan struktur yang kompak setelah pencetakan. Pemilihan pengikat tergantung daya kohesi atau ikat yang diinginkan untuk membentuk granul dan kompatibilitas dengan bahan lainnya. Bahan pengikat dapat ditambahkan dalam bentuk kering, pasta (*mucilage*), cairan atau larutan. Pembasahan atau pelarutan yang umumnya digunakan adalah air, pelarut organik seperti alkohol untuk penggunaan pengikat PVP (polivinil pirolidon).

Pati telah digunakan secara luas sebagai bahan pengikat. *Binder* dikenal ada dua jenis, yaitu bahan perekat alami dan sintetis. Bahan perekat alami telah banyak digunakan sebagai bahan perekat untuk berbagai pakan, antara lain tepung tapioka (Nasution, 2006; Syamsu, 2007), tepung galek (Syamsu, 2007) tepung terigu, tepung jagung, tepung beras, onggok (Retnani dkk., 2010; Setiyatwan dkk., 2008), molasses (Setiyatwan dkk., 2008), bungkil inti sawit dan solid ex decanter (Krisnan & Ginting, 2009), serta rumput laut (Saade & Aslamyiah, 2009), kulit pisang (Allita,

2012). Bahan perekat sintetis yang biasa digunakan antara lain CMC (*Carboksil Metil Cellulosa*).

Dalam air dingin amilum tidak akan larut tetapi apabila suspensi dalam air dipanaskan akan terjadi suatu larutan koloid yang kental, memberikan warna ungu pekat pada tes iodine dan dapat dihidrolisis dengan menggunakan asam sehingga menghasilkan glukosa. Amilosa memberikan sifat keras sedangkan amilopektin menyebabkan sifat lengket. Dalam industri pati dipakai sebagai komponen perekat, campuran kertas dan tekstil, dan pada industri kosmetik.

2.12 *Bleaching* (pemutihan)

Pemutihan (*bleaching*) merupakan proses yang bertujuan untuk menghilangkan kandungan lignin (delignifikasi) di dalam *pulp* atau serat sehingga diperoleh tingkat kecerahan warna yang tinggi dan stabil (Greschik, 2008). Proses pemutihan serat harus menggunakan bahan kimia yang reaktif untuk melarutkan kandungan lignin yang ada di dalam serat agar diperoleh derajat kecerahan yang tinggi (Tutus, 2004). Namun demikian, harus dijaga agar penggunaan bahan kimia tersebut tidak menyebabkan pencemaran lingkungan yang berbahaya (Batubara, 2006). Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pemutihan antara lain:

1. Konsentrasi

- a. Reaksi dapat ditingkatkan dengan memperbesar konsentrasi bahan pemutih.
- b. Penggunaan bahan kimia pemutih yang berlebih tidak akan meningkatkan derajat kecerahan karena derajat kecerahan yang dicapai telah maksimal.
- c. Konsentrasi hidrogen peroksida yang dipakai untuk proses pemutihan antara 1% hingga 10% b/v (Tutus, 2004, Onggo, 2004, Van Daam, 2002).

2. Waktu reaksi

Pada umumnya, perlakuan bahan kimia pemutih terhadap serat akan menjadi lebih reaktif dengan memperpanjang waktu reaksi. Namun, waktu reaksi yang terlalu lama akan merusak rantai selulosa dan hemiselulosa pada serat tersebut (Onggo, 2004).

3. Suhu

- a. Peningkatan suhu dapat menyebabkan peningkatan kecepatan reaksi pada reaksi pemutihan.
- b. Pemilihan suhu ditentukan pada penggunaan bahan kimia pemutih.
- c. Suhu pemutihan biasanya diatur berkisar antara 40-100 (Van Daam, 2002).

4. pH

- a. Nilai pH bergantung pada jenis penggunaan bahan pemutih (*bleaching agent*).
- b. Pada proses pemutihan dengan hidrogen peroksida diperlukan suasana basa antara pH 8 hingga 12 (Tutus, 2004).

5. Rasio bahan dan zat *bleaching*

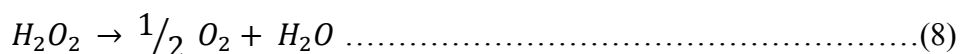
- a. Semakin kecil perbandingan rasio bahan yang akan diputihkan dengan bahan pemutih akan meningkatkan reaksi pemutihan. Tetapi dengan rasio yang semakin kecil akan mengurangi efisiensi penggunaan zat pemutih.
- b. Pada proses pemutihan (*bleaching*) umumnya dipakai rasio bahan dengan zat *bleaching* antara 8 : 1 hingga 20 : 1 (Van Daam, 2002; Batubara, 2006; Giles, 2009).

Kelima faktor tersebut berpengaruh terhadap kualitas produk serat yang dihasilkan seperti berikut (Van Daam, 2002):

- a. kecerahan (*brightness*)
- b. kuat tarik (tensile strenght)
- c. kelunakan (softness)
- d. daya mulur (*elongation*)

Hidrogen peroksida termasuk zat oksidator yang bisa digunakan sebagai pemutih *pulp* yang ramah lingkungan. Di samping itu, hidrogen peroksida juga mempunyai beberapa kelebihan antara lain *pulp* yang diputihkan mempunyai ketahanan yang tinggi serta penurunan kekuatan serat sangat kecil. Pada kondisi

asam, hidrogen peroksida sangat stabil, pada kondisi basa mudah terurai. Peruraian hidrogen peroksida juga dipercepat oleh naiknya suhu. Reaksi dekomposisi H_2O_2 yang terjadi sebagai berikut:



H_2O_2 berbentuk cairan tidak berwarna, sedikit lebih kental dari air dan dapat bercampur dengan air dalam berbagai komposisi. H_2O_2 bersifat asam yang sangat lemah dan mempunyai kemampuan sifat oksidator yang sangat kuat. H_2O_2 ini memiliki suhu optimum yaitu $80^\circ C$ - $85^\circ C$. bila suhu kurang dari $80^\circ C$ maka proses akan berjalan lambat, sedangkan kalau lebih dari $85^\circ C$ hasil proses tidak sempurna. Bila dipanaskan mudah terurai dan melepaskan gas oksigen karena kemampuannya melepaskan oksigen maka sangat efektif dipakai sebagai bahan pemutih. O_2 yang terbentuk dari reaksi ini akan bekerja sebagai oksidator untuk memutihkan bahan.

Menurut Nakatama (2004) keberadaan *metal ions* seperti Fe, Cu, dan Mn dapat mempercepat reaksi dekomposisi H_2O_2 . Dengan kata lain, kandungan Fe, Cu dan Mn menyebabkan proses bleaching menjadi tidak efektif. Logam-logam transisi bertindak sebagai katalis yang mengarahkan dekomposisi H_2O_2 mengikuti persamaan reaksi tersebut (Duke, Haas 1961). sedang reaksi dekomposisi yang disebabkan dari pengaruh katalis ion-ion logam transisi harus dicegah, karena tidak memberikan dampak yang efektif pada proses pemutihan.

Pemutihan dengan H_2O_2 ini memiliki beberapa keuntungan seperti waktu pengerjaan yang singkat karena saat proses pengerjaan dengan menaikkan suhu hingga $85^\circ C$ secara konstan selama ± 1 jam, maka serat akan lebih cepat diputihkan. Hasil pemutihan baik dan rata dengan proses pemanasan maka warna asli pada serat dapat terurai dan bahan menjadi lebih putih dan rata. Hasil derajat putih yang dihasilkan juga stabil, tidak mudah menjadi kuning. Kemungkinan kerusakan kecil karena daya oksidasi H_2O_2 lebih kecil. Selain itu, sifatnya yang ramah lingkungan dibandingkan dengan oksidator lain karena penguraian hanya menghasilkan air dan oksigen (Filho, 2002).